

112 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：電力工程

科 目：電機機械

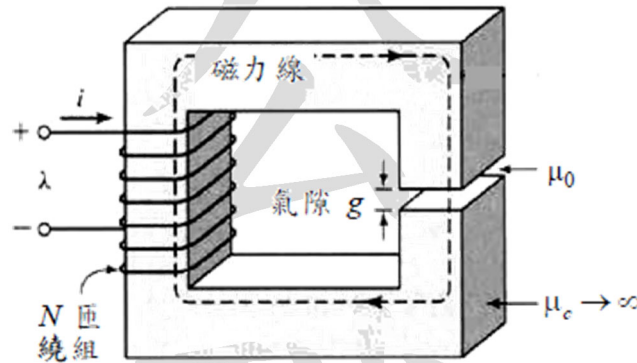
古正信老師解題

一、一磁路如圖一所示，繞組匝數 $N = 600$ 匝，通以直流電流 i ，氣隙長度 $g = 0.55$ cm，氣隙截面積 $A_g = 81$ cm²，鐵心使用理想導磁材料 ($\mu_c \rightarrow \infty$)，忽略磁飽和與邊緣效應，使氣隙中產生 0.85 T 之磁通密度，計算：(每小題 5 分，共 15 分)

(一) 直流電流 i 之值。

(二) 繞組的電感值。

(三) 氣隙中所儲存的磁能。



圖一

1. 《考題難易》★

2. 《破題關鍵》磁路與電感值、電流、儲能的關係。

3. 《使用法條》or 《使用學說》 $Ni = \oint Hdl$ ， $W = \frac{1}{2}BHv$ ， $W = \frac{1}{2}Li^2$ ， $L = \frac{\mu AN^2}{l}$

【擬答】

(一)

$$Ni = \oint Hdl, \quad \because \mu_c \rightarrow \infty \quad \therefore Ni = \int H_g dl, \quad 600 \times i = H_g \times l_g = \frac{B_g}{\mu_0} \times l_g = \frac{0.85}{4\pi \times 10^{-7}} \times \frac{0.55}{100}$$

$$i \approx 6.20041133 \approx 6.2A$$

(二)

$$L = \frac{\mu AN^2}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{81}{100^2} \times 600^2}{\frac{0.55}{100}} \approx 0.66625 H$$

(三)

$$\because \mu_c \rightarrow \infty, \text{ 鐵心無損失, 氣隙儲能等於輸入電能 } W = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2} \times 0.66625 \times 6.2004^2 \approx 12.807 J$$

$$(\text{或 } W = \frac{1}{2}BHv = \frac{1}{2} \times \frac{B^2}{\mu} \times v = \frac{1}{2} \times \frac{0.85^2}{4\pi \times 10^{-7}} \times \frac{0.55}{100} \times \frac{81}{100^2} \approx 12.807 J)$$

公職王歷屆試題 (112 年高考三級)

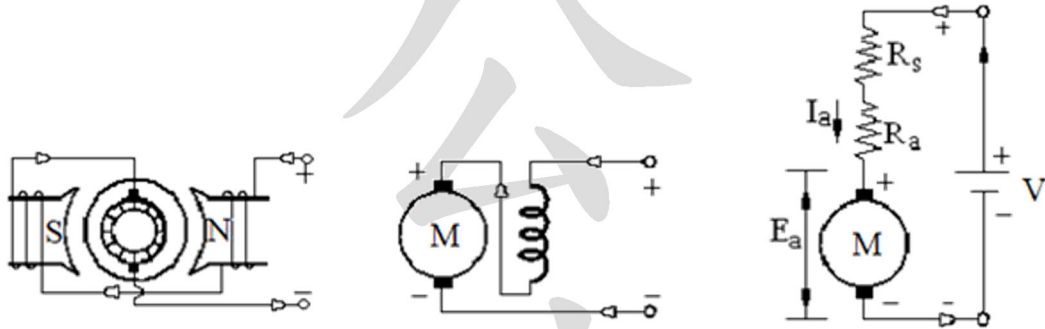
二、額定 230 V、12 HP 的直流串激電動機，以 $V_s=230\text{ V}$ 直流電源供電時，汲取 40A 的電流，轉速為 1200 rpm。此直流機的電樞電阻 $R_a=0.25\ \Omega$ ，串激磁場繞組電阻 $R_s=0.1\ \Omega$ ，磁飽和、電刷壓降及機械損失皆可忽略。(每小題 10 分，共 20 分)

- (一)繪出此電動機之等效電路圖，標示電樞電壓之極性、電樞電流方向及電源電壓極性。
 (二)計算此電動機輸出之機械功率及轉矩。

1. 《考題難易》★
 2. 《破題關鍵》直流串激電動機等效電路、機械功率、轉矩
 3. 《使用法條》 or 《使用學說》 $P_o = E_a I_a$ 、 $T_o = \frac{P_o}{\omega}$

【擬答】

(一)



- R_s ：串激場電阻
- R_a ：電樞電阻
- E_a ：電樞感應電勢(反電勢)
- I_a ：電樞電流
- M：電樞
- V：外加電壓

(二)

$$E_a = 230 - 40 \times (0.25 + 0.1) = 216\text{ V}$$

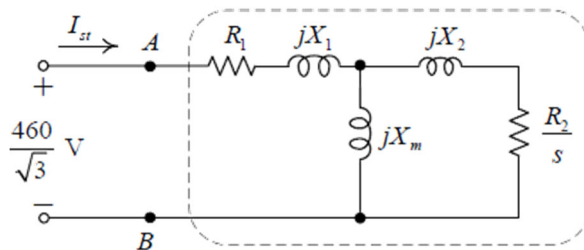
輸出之機械功率 $P_o = 216 \times 40 = 8640\text{ W}$

輸出之機械轉矩 $T_o = \frac{8640}{2\pi \times \frac{1200}{60}} = \frac{216}{\pi}\text{ N-m}$

三、額定 60 Hz、460 V、Y 接、300 馬力之三相六極鼠籠式感應電動機，每相等效電路如圖二中虛線所圍繞的部分，s 為轉差率，參照至定子側的等效電路每相歐姆值為 $R_1=0.007$ ， $R_2=0.011$ ， $X_1=X_2=0.05$ ， $X_m=2.4$ ，此電動機在額定電壓下啟動。鐵心損失、風阻及摩擦損失均可忽略。(每小題 10 分，共 20 分)

(一)計算此電動機之啟動電流 I_{st} 及啟動時之功率因數。

(二)若欲使啟動時之功率因數提升至 0.95 落後，計算必須在 A-B 節點間並聯的每相電容值，及並聯此電容器之後，新的啟動電流。



圖二

1. 《考題難易》★★
2. 《破題關鍵》三相感應電動機啟動電流、功率因數改善
3. 《使用法條》 or 《使用學說》 $I = \frac{V}{Z}$ 、 $Q_C = P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$

【擬答】

(一)

啟動時轉差率等於 1

$$I_{st} = \frac{\frac{460}{\sqrt{3}}}{0.007 + j0.05 + \left[j2.4 // \left(\frac{0.011}{1} + j0.05 \right) \right]} \approx 2640.73147 \angle -79.94712^\circ$$

啟動電流 $I_{st} = 2640.73147 A$

啟動時之功率因數 = $\cos(79.94712^\circ) \approx 0.174557$

(二)

每相啟動時之實功率 = $\frac{460}{\sqrt{3}} \times 2640.73147 \times 0.174557 = 122421.787 W$

使啟動時之功率因數提升至 0.95 落後，在 A-B 節點間並聯的每相容抗：

$$Q_C = 122421.787 \times \left[\tan(79.94712^\circ) - \tan(\cos^{-1} 0.95) \right] = 650322.8398 \approx 650.3228 kVAR$$

在 A-B 節點間並聯的每相電容值 = $\frac{1}{2\pi \times 60 \times (650.3228 kVAR)} \approx 4.07887 \times 10^{-9} = 4.07887 nF$

並聯電容器後新啟動電流 = $\frac{122421.787}{\frac{460}{\sqrt{3}} \times 0.95} \approx 485.21912 A$ 。



志光保成學儒陪你

站上工科巔峰

電力工程 電子工程
機械工程 資訊處理

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 【全國狀元】111 高 考 電子工程 洪○銓 | 【台北市第五】111 地特三等 電子工程 薛○文 |
| 【全國榜眼】111 普 考 資訊處理 羅○昌 | 【全國第七】111 普 考 電子工程 卓○倫 |
| 【台北市榜眼】111 地特三等 電子工程 郭○瑞 | 【全國第八】111 高 考 機械工程 江○禾 |
| 【台北市榜眼】111 地特四等 電力工程 張○境 | 【全國第八】111 普 考 電力工程 陳○璋 |
| 【金門縣榜眼】111 地特三等 資訊處理 李○杰 | 【全國第八】111 普 考 電子工程 李○穎 |
| 【台北市探花】111 地特四等 電子工程 楊○榮 | 【台北市第八】111 地特四等 資訊處理 吳○進 |
| 【高雄市探花】111 地特四等 電子工程 何○宇 | 【全國第九】111 普 考 機械工程 施○佑 |
| 【全國第五】112 初 等 考 電子工程 陳○豪 | |

各類考試優秀考取

高考電力工程 丁○翔; 高考電力工程 陳○璋; 普考電力工程 梁○豐; 普考機械工程 金○璋; 高考資訊處理 陳○廷; 普考資訊處理 吳○翰; 普 考資訊處理 褚○華
 高考電力工程 王○甯; 高考電力工程 曾○倫; 高考電子工程 王○榕; 高考資訊處理 于 ○; 高考資訊處理 陳○明; 普考資訊處理 李○庭; 普 考資訊處理 劉○廷
 高考電力工程 吳○哲; 高考電力工程 葛○宇; 高考電子工程 卓○倫; 高考資訊處理 李○庭; 高考資訊處理 曾○瑄; 普考資訊處理 張○偉; 普 考資訊處理 劉○銘
 高考電力工程 吳○瑋; 高考電力工程 蔡○昇; 高考電子工程 莊○雪; 高考資訊處理 胡○紘; 高考資訊處理 黃○迪; 普考資訊處理 張○慧; 普 考資訊處理 鄭○然
 高考電力工程 吳○顯; 高考電力工程 蔡○鎮; 普考電子工程 馮○恩; 高考資訊處理 張○偉; 高考資訊處理 廖○仲; 普考資訊處理 陳○明; 普 考資訊處理 賴○全
 高考電力工程 李○源; 高考電力工程 鄧○駿; 普考電子工程 蔣○霖; 高考資訊處理 許○傑; 高考資訊處理 劉○廷; 普考資訊處理 陳○堂; 地特三等 資訊處理 龍○穎
 高考電力工程 席○棠; 普考電力工程 吳○哲; 高考機械工程 黃○榮; 高考資訊處理 郭○哲; 高考資訊處理 賴○全; 普考資訊處理 曾○瑄; 初 等 考 電子工程 楊○榮
 高考電力工程 梁○豐; 普考電力工程 吳○瑋; 普考機械工程 江○禾; 高考資訊處理 郭○楷; 高考資訊處理 羅○昌; 普考資訊處理 黃○迪; 初 等 考 電子工程 楊○文

版面有限 無法一一刊登

公職王歷屆試題 (112 年高考三級)

四、三部 15 kVA、460/120 V、60 Hz 之單相雙繞組變壓器，每一部單相變壓器參照至高壓側的等效阻抗為 $0.5+j1.5 \Omega$ ，鐵心損失與磁化電流可忽略。將此三部單相變壓器連接成一部 460/208 V 之三相變壓器組，供應三相 208 V 功率因數 0.8 落後之額定負載。

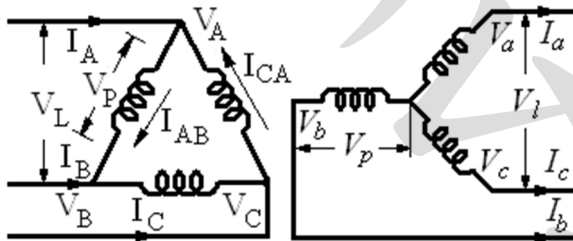
- (一) 繪出變壓器之接線圖。(10 分)
- (二) 計算變壓器高、低壓側之繞組電流。(10 分)
- (三) 計算此變壓器組之效率。(5 分)

1. 《考題難易》★
2. 《破題關鍵》三台單相變壓器做三相供電連接、電流比、效率
3. 《使用法條》or 《使用學說》容量與電壓、電流之關係

【擬答】

(一)

Δ -Y 接線



一次側相電壓=一次側線電壓=460 V
 二次側相電壓=120 V，二次側線電壓= $120\sqrt{3} \approx 208 V$

(二)

每台變壓器的容量為 15 kVA

$$\text{變壓器高壓側之繞組電流} = \frac{15kVA}{460} = \frac{750}{23} \approx 32.6087 A$$

$$\text{變壓器低壓側之繞組電流} = \frac{15kVA}{120} = 125 A$$

(三)

$$\text{額定負載下每變壓器銅損} = \left(\frac{15kVA}{460} \right)^2 \times 0.5 \approx 531.6635 W$$

$$\text{變壓器組之效率 } \eta = \frac{3 \times 15kVA \times 0.8}{3 \times 15kVA \times 0.8 + 3 \times 531.6635 W} \times 100\% \approx 95.7574\%$$

五、兩部三相同步發電機 G_1 與 G_2 並聯運轉，共同供應實功率 300 kW、功率因數 0.8 落後之負載。 G_1 與 G_2 之電機規格及原動機的轉速降 (speed droop) 特性如下表所示：(每小題 10 分，共 20 分)

發電機	電機規格	原動機轉速(rpm)	
		無載	滿載
G_1	2 極、60Hz、250kVA、480V、 功率因數 0.8 落後	3650	3570
G_2	4 極、60Hz、250kVA、480V、 功率因數 0.85 落後	1800	1780

- (一) 求此電力系統之運轉頻率 f_s 。
- (二) 計算 G_1 與 G_2 分別供應之實功率。

1. 《考題難易》★★
2. 《破題關鍵》同步發電機並聯運轉
3. 《使用法條》or《使用學說》同步發電機並聯運轉頻率會相同

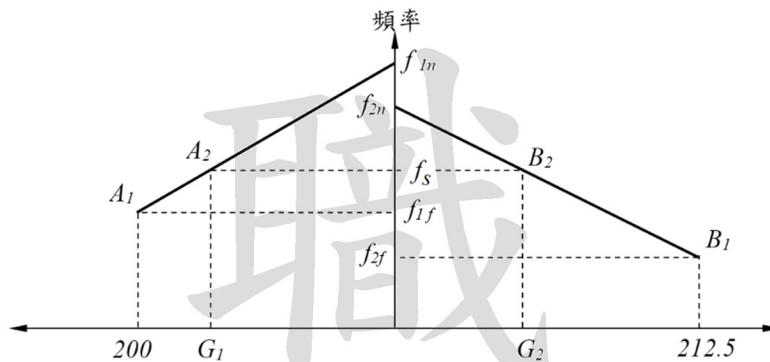
【擬答】

$$N_s = \frac{120}{P} f$$

$$3650 = \frac{120}{2} \times f_{1n}, f_{1n} = \frac{365}{6} \text{ Hz}; 3570 = \frac{120}{2} \times f_{1f}, f_{1f} = 59.5 \text{ Hz}$$

$$1800 = \frac{120}{4} \times f_{2n}, f_{2n} = 60 \text{ Hz}; 1780 = \frac{120}{4} \times f_{2f}, f_{2f} = \frac{178}{3} \text{ Hz}$$

發電機	電機實功率	頻率	
		無載	無載
G_1	$250kVA \times 0.8 = 200kW$	$f_{1n} = \frac{365}{6} \text{ Hz}$	$f_{1f} = 59.5 \text{ Hz}$
G_2	$250kVA \times 0.85 = 212.5kW$	$f_{2n} = 60 \text{ Hz}$	$f_{2f} = \frac{178}{3} \text{ Hz}$



$$\frac{f_{1n} - f_{1f}}{f_{1n} - f_s} = \frac{200}{G_r} \Rightarrow \frac{\frac{365}{6} - 59.5}{\frac{365}{6} - f_s} = \frac{200}{G_r} \Rightarrow 8G_r = 73000 - 1200f_s \dots\dots(1)$$

$$\frac{f_{2n} - f_{2f}}{f_{2n} - f_s} = \frac{212.5}{G_2} \Rightarrow \frac{60 - \frac{178}{3}}{60 - f_s} = \frac{212.5}{G_2} \Rightarrow 4G_2 = 76500 - 1275f_s \dots\dots(2)$$

$$G_1 + G_2 = 300 \dots\dots(3)$$

由上三式聯立解得：

(一) 此電力系統之運轉頻率 $f_s \approx 59.6267 \text{ Hz}$

(二) G_1 供應 181kW 之實功率、 G_2 供應 119kW 之實功率